

УДК 551.594

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОРАЖЕНИЯ ПЛОСКОСТИ РАЗРЯДОМ МОЛНИИ

Колиушко Д.Г. канд. техн. наук, **Петков А.А.** канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

In work the statistical model of the plane defeat by the lightning stroke is offered. Check of the developed ratio by means of imitating modeling is executed.

В настоящее время уделяется значительное внимание экспериментальным и теоретическим исследованиям формирования и развития разрядов молнии [1–4]. Одним из аспектов этих исследований является разработка статистических моделей поражения разрядом молнии различных объектов, расположенных на поверхности грунта [5]. Предложенная в [5] модель позволяет проводить оценку вероятности поражения точек бесконечного прямолинейного проводника. Следующим этапом является построение статистической модели поражения точек плоскости.

На рис. 1 представлена схема поражения прямолинейным разрядом точки плоскости 2 с координатами (α, r) . При этом полагается, что разряд развивается из точки 1 с координатами $(0, 0, H)$ в точку 2. Рассматриваемая модель базируется на приведенной в [5]. Предполагается, что направление движения разряда определяется углом движения θ , равномерно распределенным в интервале $(0, \pi/2)$, и углом плоскости α , равномерно распределенным в интервале $(0, 2\pi)$. Также предполагается, что дистанция поражения R имеет неограниченную длину.

Рассмотрим задачу описания вероятности поражения произвольной точки плоскости XOY прямолинейным разрядом молнии, который начинает движение на высоте H над плоскостью.

Исходя из описанных выше условий для θ, α, R и используя методы теории вероятностей [6] можно показать, что распределение плотности вероятности поражения точки плоскости с координатами α, r имеет вид:

$$g(\alpha, r) = \frac{1}{\pi^2} \frac{H}{H^2 + r^2}. \quad (1)$$

Тогда распределение плотности вероятности поражения на плоскости окружности радиуса r , исходя из (1), определится как:

$$g(r) = \int_0^{2\pi} g(\alpha, r) d\alpha = \frac{2}{\pi} \frac{H}{H^2 + r^2}. \quad (2)$$

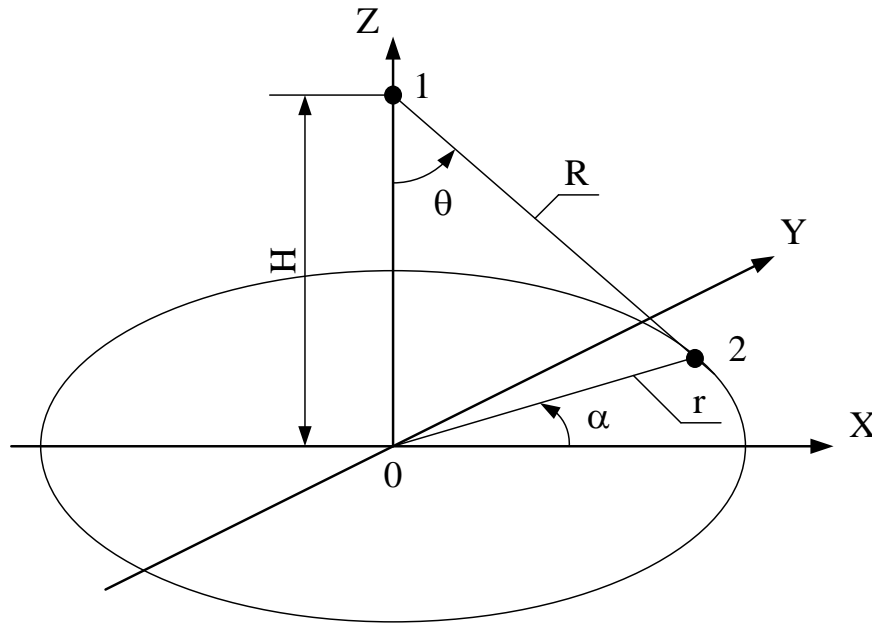


Рис. 1. Схема поражения точек плоскости прямолинейным разрядом

Вероятность поражения на плоскости круга радиуса r определяется следующей зависимостью:

$$F(r) = \int_0^r g(r) dr = \frac{2}{\pi} \arctg \frac{r}{H}. \quad (3)$$

Для проверки достоверности выведенных соотношений для принятой модели разряда было проведено имитационное моделирование.

На рис. 2 показана плотность распределения вероятности поражения точек окружности радиуса r , рассчитанный по соотношению (2) при высоте начала движения разряда $H = 10$ м (зависимость 1) и данные имитационного моделирования при количестве случайных реализаций $N = 2000$ (зависимость 2). Как видно из рис. 2, данные, полученные с помощью аналитического выражения и имитационного моделирования, практически совпадают.

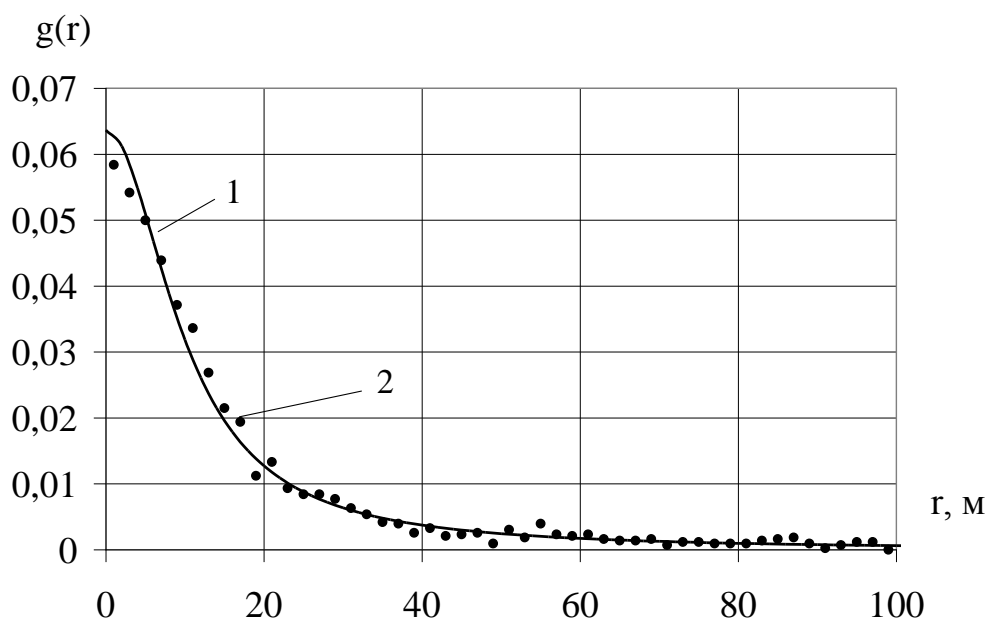


Рис. 2. Плотность распределения вероятности поражения точек окружности радиуса r

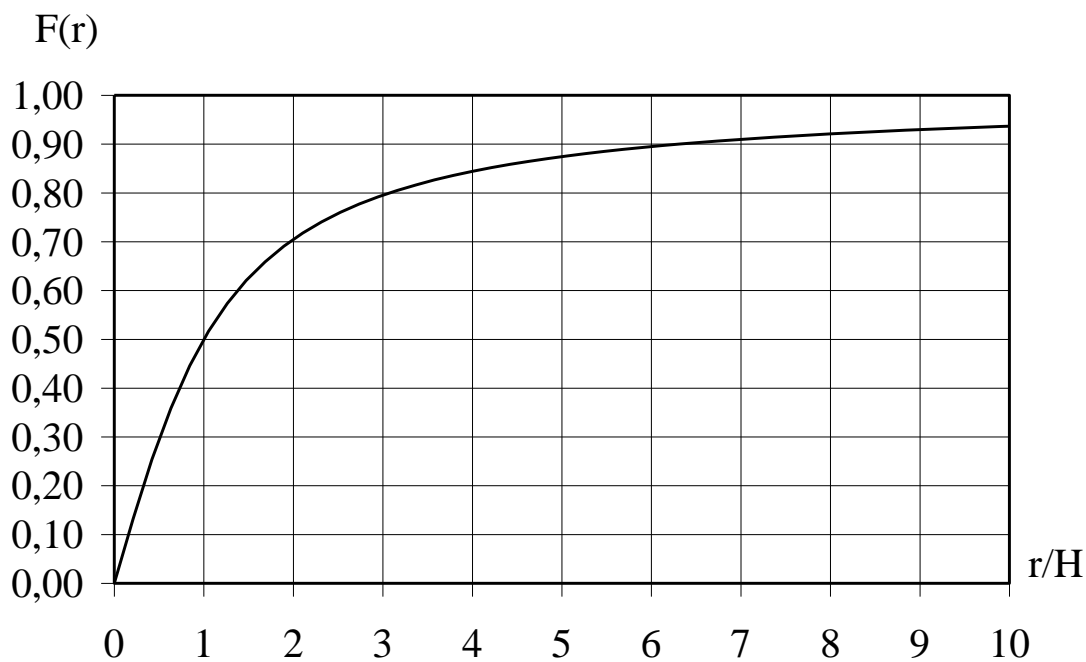


Рис. 3. График функции распределения вероятности поражения площади круга радиусом r в зависимости от соотношения r/H

На рис. 3 показан график функции распределения вероятности поражения площади круга радиуса r , расположенного на плоскости XOY . В практических приложениях представляет интерес значение радиуса

круга поражения, в который попадает большинство разрядов молнии. Как видно из графика, радиус такого круга при вероятности поражения 0,9 достигает более чем шестикратной величины высоты начала движения, при вероятности 0,95 – десятикратной.

В реальных условиях дистанция поражения R имеет ограниченную величину [7, 8] и, очевидно, что график плотности распределения $g(r)$ имеет большее значение при $r = 0$ и затухает быстрее, чем показано на рис. 2. Это означает, что соотношение (3) и график, показанный на рис. 3, следует считать нижней оценкой вероятности поражения площади круга радиуса r .

Литература

1. Об ориентировке канала длинной искры / [Г.Н. Александров, В.Л. Иванов, Э.М. Базелян, Е.С. Садыхова] // Электричество. – 1973. – №3. – С. 63 – 66.
2. К вопросу об оценке защитного действия молниеотводов / [Г.Н. Александров, М.М. Зеленецкий, В.Л. Иванов и др.] // Известия академии наук СССР. Энергетика и транспорт. – 1970. – №3. – С. 48 – 54.
3. Базелян Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер – М. : Физматлит, 2001. – 320 с. – ISBN 5-9221-0082-3.
4. Александров Г.Н. Молния и молниезащита / Г.Н. Александров. – СПб : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 280 с. – ISBN 5-7422-1432-4.
5. Колиушко Д.Г. Статистическая двумерная модель разряда молнии на бесконечный прямолинейный проводник / Д.Г. Колиушко, А.А. Петков // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2011. – №16. – С. 118 – 126.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель – М. : Высш. шк., 2002. – 575 с.
7. Кравченко В.И. Молния. Электромагнитные факторы и их поражающее воздействие на технические средства / В.И. Кравченко. – Харьков : Изд-во "НТМТ", 2010. – 292 с. – ISBN 978-617-578-005-3.
8. Стандарт IEC 62305-1, Ed. 1: Protection against lightning – Part 1: General Principles. – IEC, 2003. – 61 P.